

ПРОЯВЛЕНИЕ НА СПЕЦИФИЧНАТА ЕЛЕКТРОПРОВОДИМОСТ В ЗАВИСИМОСТ ОТ ТИПА НА РУДНАТА МИНЕРАЛИЗАЦИЯ

Стефан Димовски

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; dimovski@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Орудяванията могат да се разглеждат най-обобщено като двукомпонентна среда, в която една от компонентите е рудната минерализация с електронна електропроводимост, а втората е вместицата матрица, съставена от минерали с относително високо и много високо електрическо съпротивление. С цел изследване влиянието на структурата на рудата върху нейната специфична електропроводимост е използван разработен подход и методика за изследване на специфичното електрическо съпротивление на скалите чрез съставяне на еквивалентни електрически схеми. И при двата основни типа рудна минерализация за изчисляването на електричното съпротивление е използван един и същ концептуален модел. При прожилковата минерализация се допуска, че в проводяща компонента са разположени включения с по-високо електрично съпротивление ($\rho_1 < \rho_2$). При впръснатата минерализация се приема, че проводящи включения се разполагат в компонента с относително по-високо електрично съпротивление ($\rho_2 < \rho_1$).

IMPACT OF MINERALIZATION TYPE OVER ORE SPECIFIC ELECTRICAL CONDUCTANCE

Stefan Dimovski

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; dimovski@mgu.bg

ABSTRACT. Ores can be regarded as two component media in which one of the components is presented by the ore mineralization having electronic conductivity and the second component is the hosting matrix composed by minerals characterized by relatively high and very high electrical resistivity. The developed approach and methodics for studying rocks specific electrical resistance by designing equivalent electrical circuits are applied for studying the impact of mineralization type over ore electrical conductivity. One and the same conceptual model is used for calculating the electrical resistivity for the two basic types of ore mineralization. For the vein-type mineralization is accepted that in a conductive component are situated inclusions having higher specific electrical resistance ($\rho_1 < \rho_2$). For the vein-type mineralization is assumed that conductive inclusions are located in a component with relatively higher electrical resistivity ($\rho_2 < \rho_1$).

Орудяванията могат да се разглеждат най-обобщено като двукомпонентна среда, в която една от компонентите е рудната минерализация с електронна електропроводимост, а втората е вместицата матрица, съставена от минерали с относително високо и много високо електрическо съпротивление.

Примерно разпределение на двете компоненти в естествени условия се илюстрира на фигура 1 (макроскопски фотоснимки) и фигура 2 (микроскопски снимки).

Въз основа на израз (1), получен за електричното съпротивление на двукомпонентна среда чрез съставяне на еквивалентни електрически схеми (Димовски, 2009), са изчислени специфичните електрични съпротивления при различни съотношения на специфичните обеми и съпротивленията за двете компоненти. За целта е използван и професионалният програмен пакет Protel 99.

$$\rho = \frac{\rho_1 + b(\rho_2 - \rho_1)}{\rho_1 + b(1-b)(\rho_2 - \rho_1)} \rho_1 \quad (1)$$

И при двата основни типа рудна минерализация за изчисляването на електричното съпротивление е използван един и същ концептуален модел.

При прожилковата минерализация се допуска, че в проводяща компонента са разположени включения с по-високо електрично съпротивление ($\rho_1 < \rho_2$). При впръснатата минерализация се приема, че проводящи включения се разполагат в компонента с относително по-високо електрично съпротивление ($\rho_2 < \rho_1$).

Както и следва да се очаква при еднакво съдържание на електропроводящата рудна компонента за прожилкова минерализация специфичната електропроводимост е значително по-добра от електропроводимостта при впръснатата минерализация.

На фигура 3 се илюстрират графики на получените зависимости на специфично електрическо съпротивление ρ на орудяването, нормирано спрямо съпротивлението на рудната компонента (ρ/ρ_r), от специфичното обемно съдържание ω на рудните минерали за модел, приложим за прожилкова (графики 1) и впръсната (графики 2)

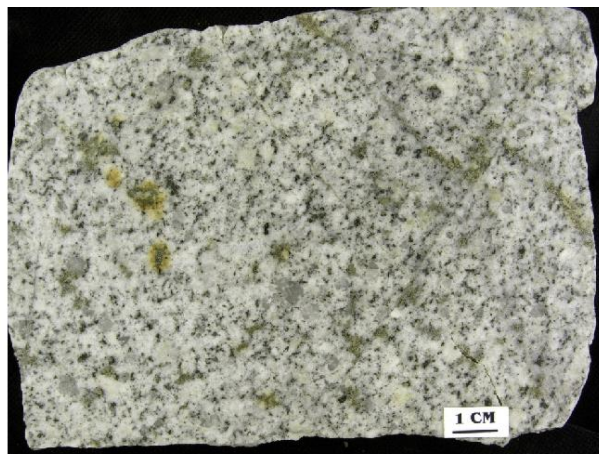
минерализация при съотношение μ между специфичните съпротивления ρ вместваща компонента и ρ рудна компонента ($\mu = \rho_{\text{вм}} / \rho_r$), съответно $\mu = 10$ (а), $\mu = 100$ (б) и $\mu = 1000$ (в).

Анализът на получените графики потвърждава силно изразената зависимост на специфичната електропроводимост на орудяванията, моделирани като двукомпонентна среда, от разпределението на двете

компоненти – електропроводящите рудни минерали и вместващата матрица с електрическо съпротивление съответно ρ_r и $\rho_{\text{вм}}$. Степента на това влияние се засилва при нарастване на контраста между специфичните електрически съпротивления на двете компоненти и е максимална за обемно съдържание на рудните минерали $\omega = 0.2-0.6$ (фиг. 3а-в).

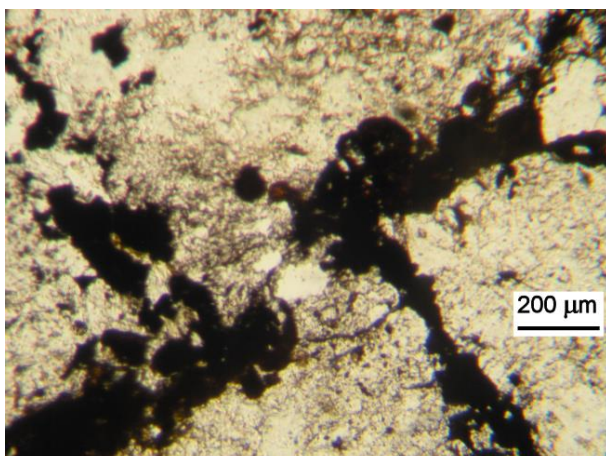


а

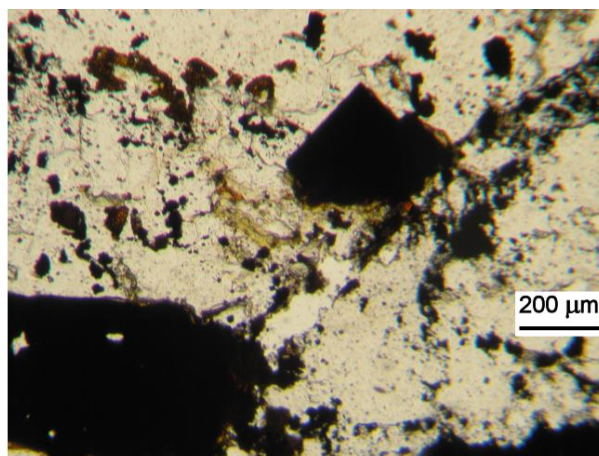


б

Фиг. 1. Макроскопски снимки, илюстриращи прожилкова и впръсната рудни минерализации от находище Merrill Island, Chibougamau district, Quebec, Canada (www.nrcan.gc.ca): а – прожилкова пиритна и халкопиритна минерализация в серицитизиран анортозит; б – впръсната пиритна минерализация в гранодиорит

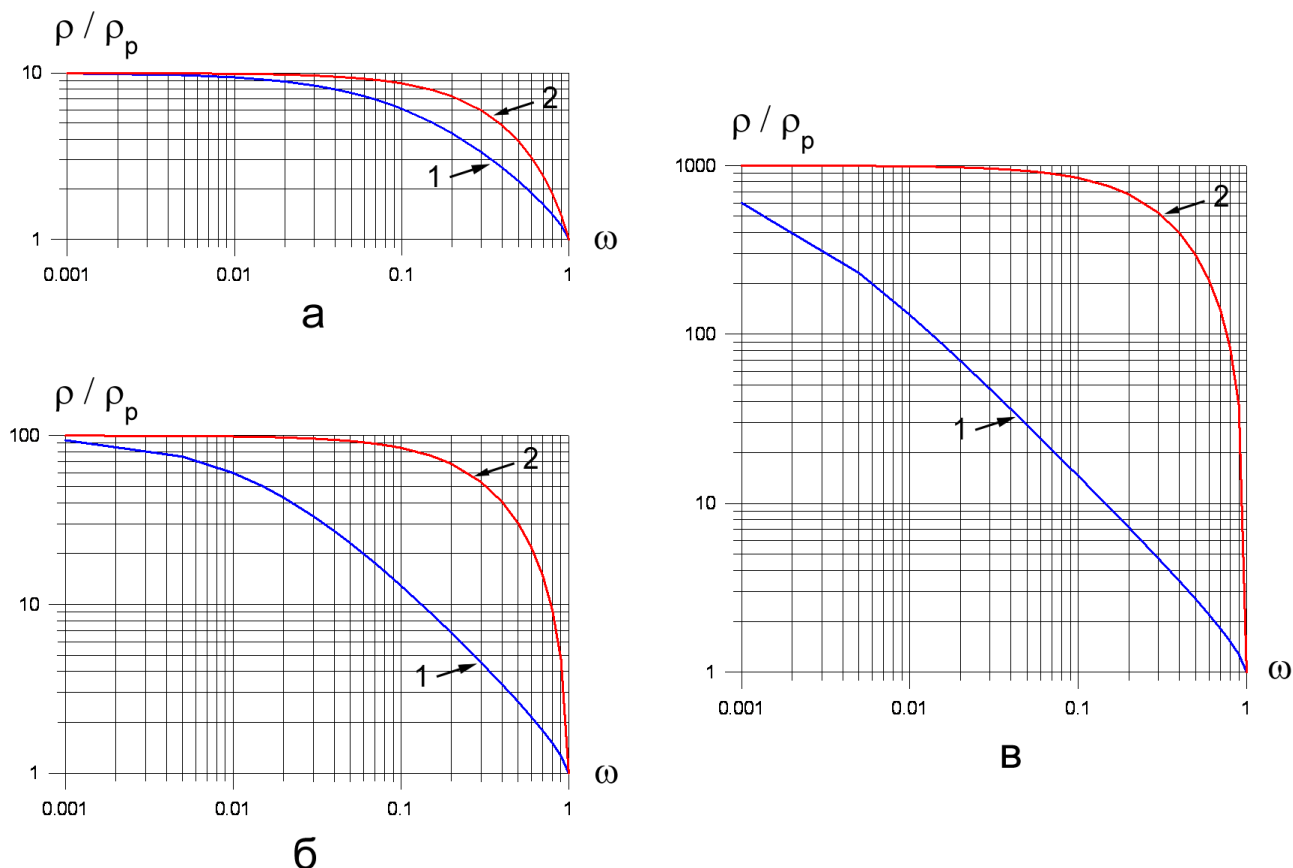


а



б

Фиг. 2. Микроскопски снимки (преминаваща светлина, $N //$), илюстриращи прожилкова и впръсна рудни минерализации (архив на Ст. Приставова): а – прожилкова пиритна и магнетитова минерализация в окварцени скали – находище Заберно, Странджа; б – впръсната пиритна и магнетитова минерализация в окварцени скали – находище Заберно, Странджа



Фиг. 3. Графики на зависимостта на специфичното електрическо съпротивление ρ на орудяването, нормирано спрямо съпротивлението на рудната компонента (ρ/ρ_p), от специфичното обемно съдържание ω на рудните минерали за модел, приложим за прожилкова (графики 1) и впръсната (графики 2) минерализация при съотношение μ ($\mu = \rho_{\text{вм}}/\rho_p$), съответно $\mu = 10$ (а), $\mu = 100$ (б) и $\mu = 1000$ (в)

Отношението между специфичните съпротивления за двата типа минерализация (фиг. 3в) достига максимална стойност за обемно съдържание на рудните минерали около 0,4. При намаляване на ω отношението $\rho_{\text{впръсната}} / \rho_{\text{прожилкова}}$ клони към 1 като намалява с градиент, пропорционален на отношението $\mu = \rho_{\text{вм}}/\rho_p$.

Зависимостта на нормираното съпротивление ρ/ρ_p от отношението $\mu = \rho_{\text{вм}}/\rho_p$ се откроява по диференцирано при систематизиране на получените резултати чрез акцентиране върху двата типа минерализация.

На фигура 4 се илюстрират графики на зависимостта на ρ/ρ_p от обемното съдържание ω на рудните минерали за модел, приложим за прожилков (а) и впръснат (б) тип минерализация, както и на зависимостта на отношението $\rho_{\text{впръсната}} / \rho_{\text{прожилкова}}$ от ω (в). Параметър на графиките е отношението μ между специфичните съпротивления на вместващата компонента и на рудните минерали ($\mu = \rho_{\text{вм}}/\rho_p$), съответно $\mu = 10$ (графики 1), $\mu = 100$ (графики 2) и $\mu = 1000$ (графики 3).

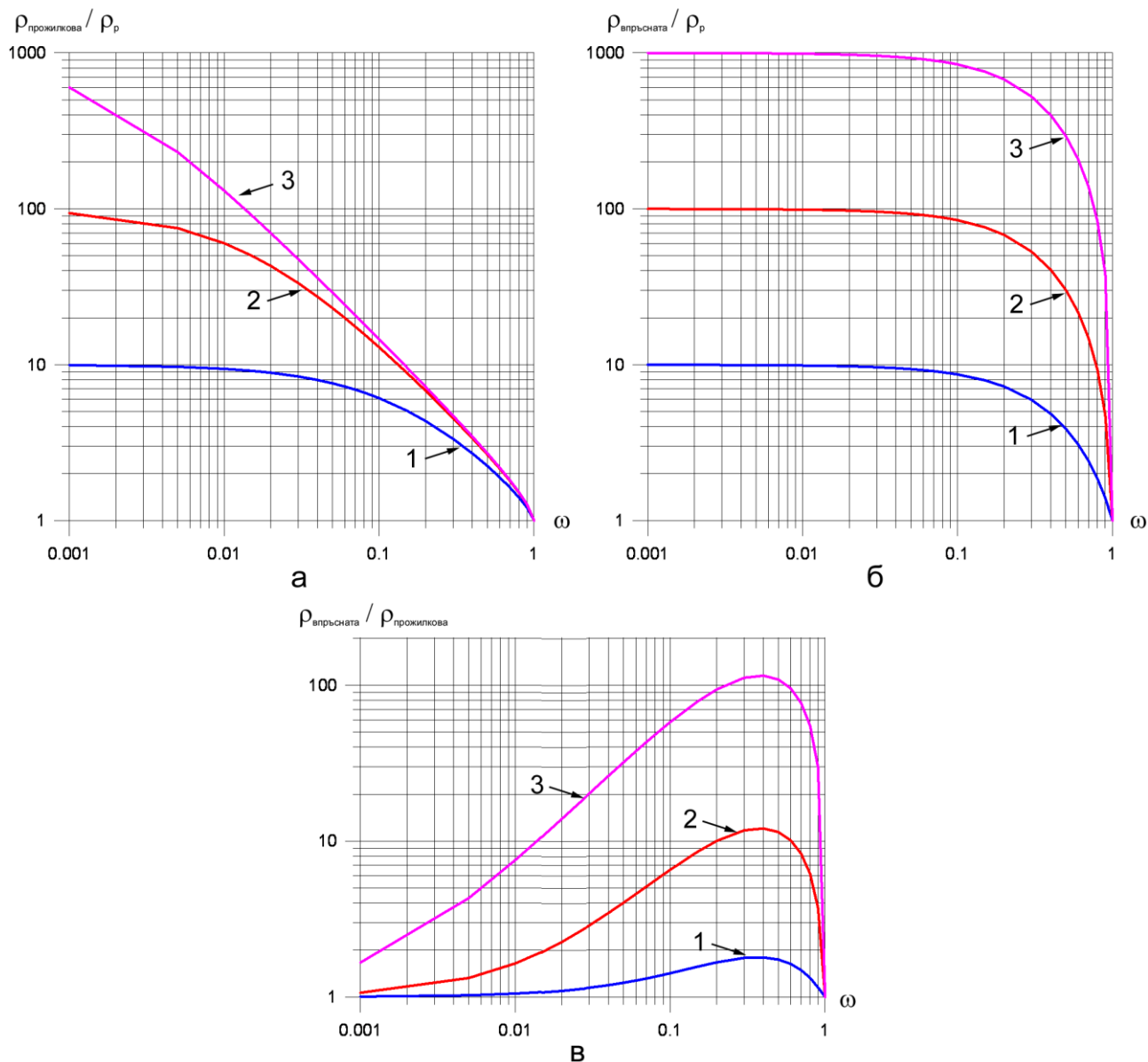
Практически интерес представлява формирането на специфичното електрическо съпротивление на орудяването при ниско съдържание на електропроводящата рудна компонента.

На фигура 5 се илюстрира разпределението на специфичните електрически съпротивления за двуконпонентна среда при модел, приложим за прожилкова (графики 1) и впръсната (графики 2) минерализация при съдържание на електропроводящата компонента съответно 10% (а), 5% (б) и 1% (в).

При слабо изразена контрастност между двете компоненти и ниски съдържания на електропроводящата рудна компонента съпротивлението практически не зависи от типа на минерализацията. Например за $\omega = 1\%$ (фиг. 3в) $\rho_{\text{впръсната}} = \rho_{\text{прожилкова}}$ за стойности на $\mu = \rho_{\text{вм}}/\rho_p$ до около 20. В естествени условия тези стойности за μ са възможни при хидротермално променена разуплътнена вместваща компонента с добре изразена йонна проводимост.

Ако контрастът между двете компоненти е значителен електричното съпротивление при прожилкова минерализация (графики 1) нараства до μ около 100 – 300, след което градиентът бързо намалява и съпротивлението се стабилизира при стойности на μ около 1000.

При впръсната минерализация (графики 2) електричното съпротивление нараства с еднакъв градиент при увеличаване на μ .



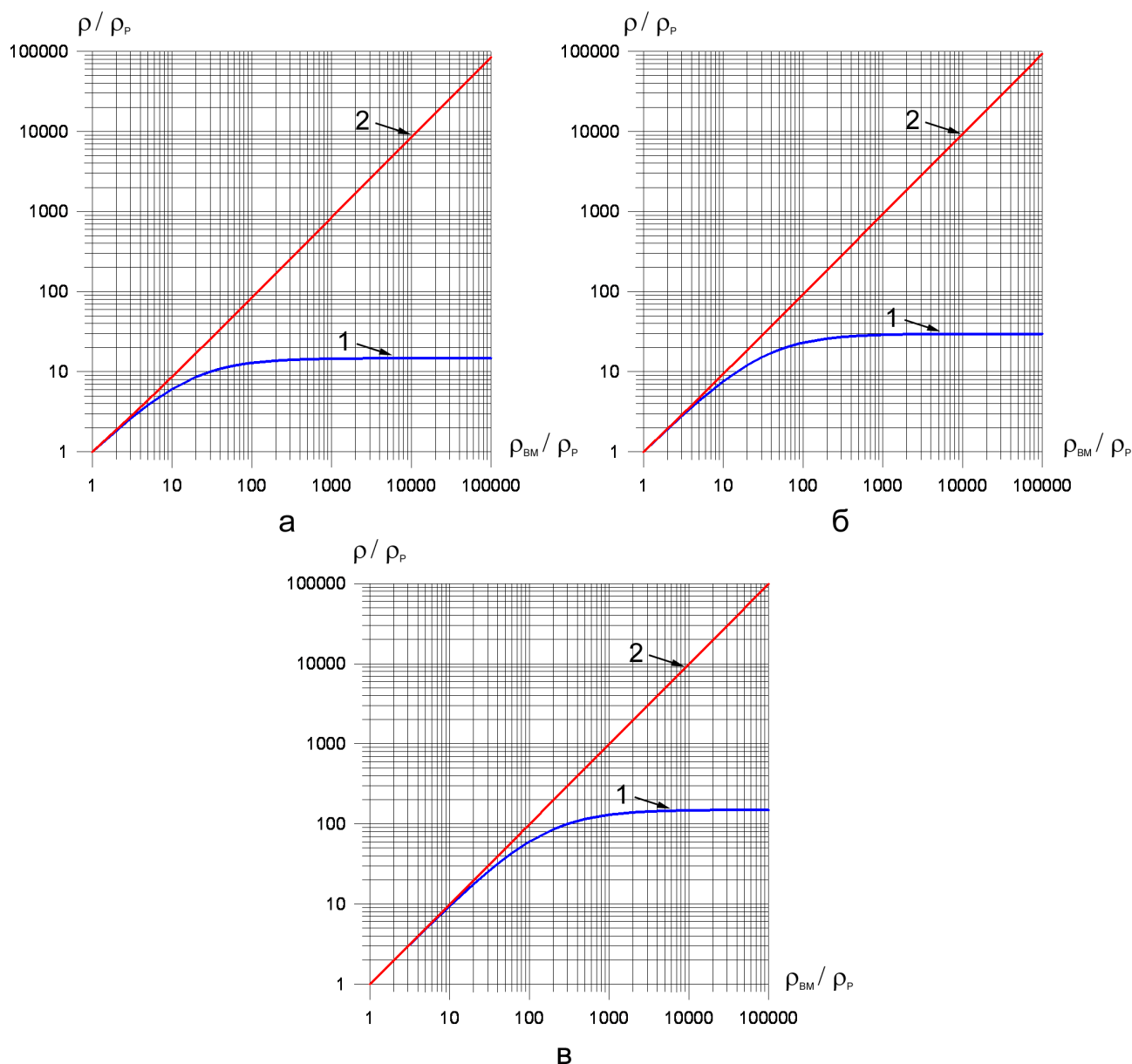
Фиг. 4. Графики на зависимостта на нормираното специфично електрическо съпротивление на орудяването ρ/ρ_p от обемното съдържание ω на рудните минерали за модел, приложим за прожилкова (а) и впръсната (б) минерализация и на зависимостта на отношението $\rho_{\text{впръсната}} / \rho_{\text{прожилкова}}$ от ω (в). Параметър на графиките е отношението μ между специфичните съпротивления на вместващата компонента и на рудните минерали ($\mu = \rho_{\text{вм}}/\rho_p$), съответно $\mu = 10$ (графики 1), $\mu = 100$ (графики 2) и $\mu = 1000$ (графики 3)

Констатираните закономерности се обясняват много добре физически. Когато вместващата компонента се характеризира с относително високи и много високи специфични съпротивления тя практически не влияе в условията на прожилкова минерализация, доколкото токът протича изцяло по токопроводящите канали (прожилки) на рудната компонента.

При впръсната минерализация токът принудително протича през последователно свързани елементи от двете компоненти. Съответно при изолиране на електропроводящата рудна компонента от високоомната вместваща матрица при ниски съдържания на рудната компонента съпротивлението се обуславя доминиращо от електричното съпротивление на матрицата.

На фигура 6 се представят графики на зависимостта на нормираното съпротивление ρ/ρ_p от отношението $\mu = \rho_{\text{вм}}/\rho_p$ за модел, приложим за прожилкова (а) и впръсната (б) минерализация както и на зависимостта на отношението $\rho_{\text{впръсната}} / \rho_{\text{прожилкова}}$ от $\mu = \rho_{\text{вм}}/\rho_p$ (в) при съдържание ω на електропроводящата компонента 10% (графики 1), 5% (графики 2) и 1% (графики 3).

За прожилкова минерализация много добре се илюстрира стабилизирането на нормираното специфично електрично съпротивление и за трите ниски съдържания на рудна компонента при стойности на отношението $\mu = \rho_{\text{вм}}/\rho_p$, както вече се посочи около 1000 (фиг. 6а). При това стабилизираната стойност на нормираното съпротивление зависи от обемното съдържание на рудната компонента: при $\omega = 0,1$ $\rho/\rho_p \rightarrow 15$; при $\omega = 0,05$ $\rho/\rho_p \rightarrow 30$; при $\omega = 0,01$ $\rho/\rho_p \rightarrow 150$.

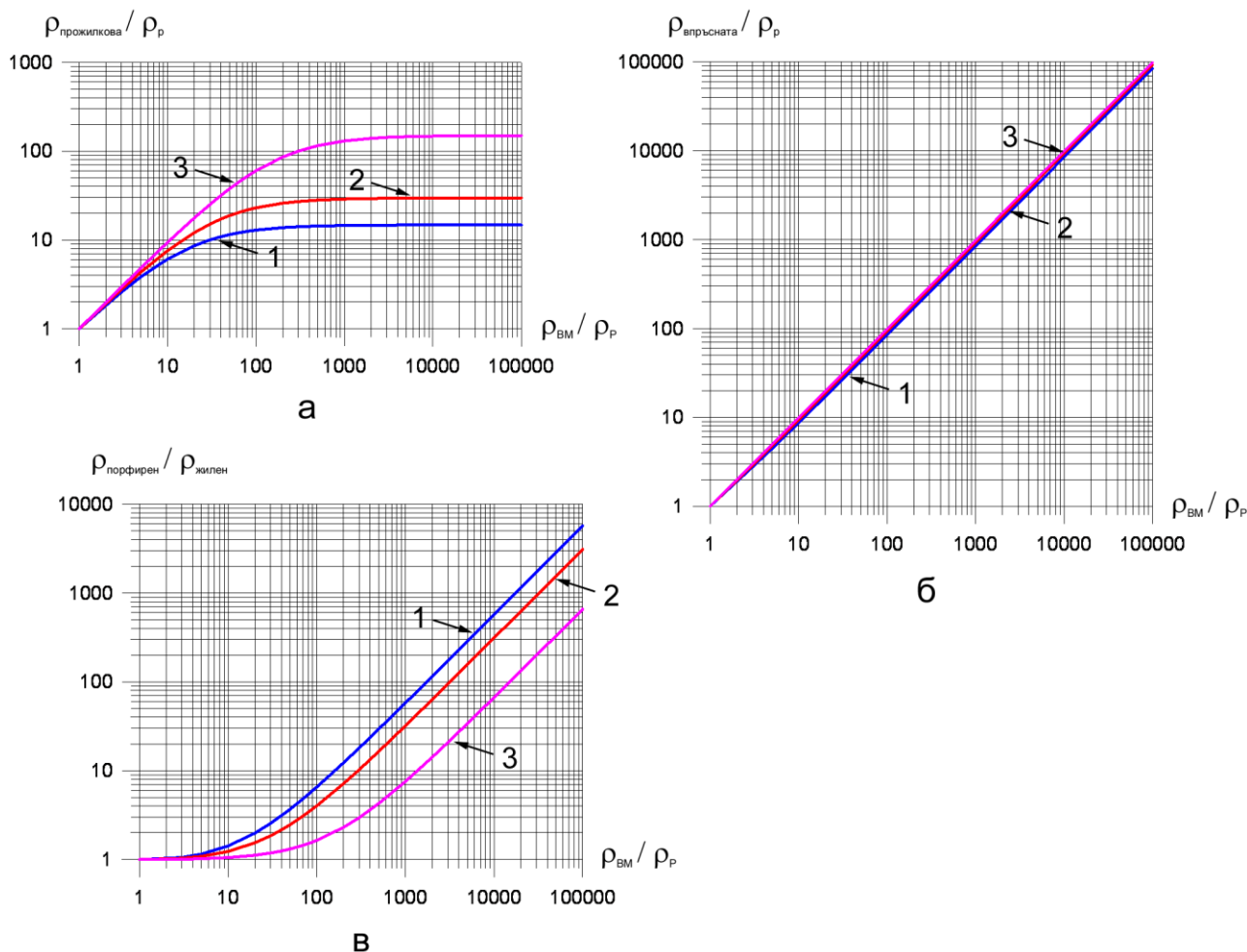


Фиг. 5. Графики на разпределението на специфичните електрически съпротивления за двуконпонентна среда при модел, приложим за прожилкова (графики 1) и впръсната (графики 2) минерализация при съдържание на електропроводящата компонента съответно 10% (а), 5% (б) и 1% (в)

При впръсната минерализация изследваните ниски съдържания на рудна компонента практически не влияят и зависимостите се обединяват в границите на мащаба на графичното построение (фиг. 6б), като относителните разлики са в границите до около 10%.

При впръсната минерализация изследваните ниски съдържания на рудна компонента практически не влияят и зависимостите се обединяват в границите на мащаба на графичното построение (фиг. 6б), като относителните разлики са в границите до около 10%.

Анализът на фигура 6в потвърждава, че при слабо изразена контрастност между двете компоненти ($\mu = \rho_{BM}/\rho_p$) и ниски съдържания на електропроводящата рудна компонента съпротивлението практически не зависи от типа на минерализацията. След стойности на отношението $\mu = \rho_{BM}/\rho_p$ по-високи от около 500 градиентът на нарастване остава постоянен и се определя изцяло от ефекта на впръснатата минерализация.



Фиг. 6. Графики на зависимостта на нормираното специфично електрическо съпротивление на орудяването ρ/ρ_p от отношението $\rho_{вм}/\rho_p$ за модел, приложим за прожилкова (а) и впръсната (б) минерализация и на зависимостта на отношението $\rho_{впръсната} / \rho_{прожилкова}$ от $\rho_{вм}/\rho_p$ (в); параметър на графиките е съдържанието ω на електропроводящата компонента, съответно $\omega=10\%$ (графика 1), $\omega=5\%$ (графика 2) и $\omega=1\%$ (графика 3)

Резултатите от изследванията на влиянието на структурата на рудата върху нейната специфична електропроводимост позволява да се дефинира следния основен извод.

Влиянието на структурата на рудата върху нейното специфично електрическо съпротивление е силно изразено. Когато вместващата компонента се характеризира с относително високи и много високи специфични съпротивления тя практически не влияе в условията на прожилкова минерализация, доколкото токът протича изцяло по токопроводящите канали (прожилки) на рудната компонента. При впръсната минерализация токът принудително протича през последователно свързани елементи от двете компоненти. Съответно при изолиране на електропроводящата рудна компонента от високоомната вместваща матрица при ниски съдържания на рудната компонента съпротивлението се обуславя

доминиращо от електричното съпротивление на матрицата.

Литература

- Димовски, С. 2009. Изследване на специфичното електрическо съпротивление на скалите чрез съставяне на еквивалентни електрически схеми. – Год. МГУ, 52, Св. I, Геология и геофизика, 149-154.
- Кобранова, В. Н. 1986. Петрофизика. М., Недра, 392 с.
- Справочник геофизика. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых. 1989. М., Недра, 527 с.
- Western Atlas International, Inc. 1995. Introduction to Wireline Log Analysis. Houston, Texas, 312 p.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Приложна геофизика", ГПФ